POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTO EM CRUZAMENTOS DE ESTRADAS E CANAIS FLUVIAIS NA BACIA DO RIO DAS PEDRAS, GUARAPUAVA – PR[1]

Adalto Gonçalves de LIMA[2]

RESUMO

A pesquisa desenvolvida teve por objetivo fazer inventário das características das interseções entre estradas e canais na bacia Rio das Pedras, de natureza essencialmente rural, no sentido de identificar o potencial de produção sedimentar em cada cruzamento. Para isso, aplicou-se uma metodologia de avaliação qualitativa baseada na identificação e categorização relativa de características das estruturas de engenharia presentes nas interseções (ponte, manilhamento), do pavimento, extensão e grau de declive dos acessos e das feições erosivas presentes na estrada, nos taludes de aterro e nas margens dos canais. Elaborou-se um índice relativo de potencial de produção de sedimento (PPS), classificando cada um dos cruzamentos analisados em PPS baixo (0 a 21), médio baixo (22 a 42), médio alto (43 a 63) e alto (>64). A localização, mensuração de declives e extensão de acessos, bem como a rotulacão por classes foi realizada em base digital no sistema SPRING. Dos 71 cruzamentos analisados, 16 enquadram-se como PPS *baixo*, 40 como *médio-baixo*, 12 como *médio-alto* e apenas 3 como *alto*. Os valores mínimo e máximo do PPS foram, respectivamente, 2 e 84. Levando em consideração a geomorfologia das sub-bacias percebe-se que seus aspectos não podem ser tomados a rigor para generalizações sobre as condições de funcionamento hidrossedimentar das estradas, pois estas podem suprimir alguns efeitos do relevo mediante sua disposição. Assim, PPS relativamente alto pode aparecer em áreas de relevo menos dissecado e vice-versa.

INTRODUÇÃO

Nas áreas rurais o tipo de uso da terra é o principal foco das avaliações de produção de sedimento em bacias hidrográficas (p. ex. DUNNE, 1979; PHIPPEN e WHOL, 2003). Outro fator que tem sido considerado, inclusive pelos autores citados, como fundamental na contribuição de sedimento aos canais são as estradas. Em áreas rurais os sistemas viários normalmente não são pavimentados e estão hidrologicamente conectados aos canais fluviais por meio de inúmeros cruzamentos, que funcionam como ponto de entrada de grande carga sedimentar. A produção de sedimento equipara-se, ou em certos casos supera, em nível de importância às áreas agrícolas (ZIEGLER et al. 2004).

As implicações desses processos são muitas. O aumento da turbidez é evidência do aumento da carga em suspensão e notada amplamente em rios que drenam áreas submetidas a atividades humanas, quer urbanas quer rurais. Além de dificultar os processos de tratamento das águas para consumo humano, a presença dos sedimentos em suspensão, em níveis alterados, reduz a luminosidade e a transparência dos rios, com implicações diretas sobre o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos. Havendo condições de deposição, o excesso de sedimentos finos modifica as condições da cobertura do leito alterando a situação dos *habitats* bentônicos.

[1] Pesquisa realizada dentro do projeto multidisciplinar “Proteção e Manejo da Bacia do Rio das Pedras”, com subsídios da Agência Nacional de Águas (ANA), Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), Prefeitura Municipal de Guarapuava e Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO).
[2] Universidade Estadual do Centro-Oeste, Professor Mestre, adalto@unicentro.br

Considerando toda a dimensão do significado ambiental existente na interação entre estradas e canais fluviais, as atividades de planejamento e gestão de bacias têm requerido informações sobre essa face interativa. Para obter uma visão geral das áreas (bacias) de interesse e que possa subsidiar ações de planejamento, quer de gerenciamento quer de pesquisa, os levantamentos da interação estradas-canais podem ser feitos em diversos níveis de complexidade (FLANAGAN et al., 1998).

A bacia do Rio das Pedras é uma bacia rural com aproximadamente 330 km^2, esculpida sobre os basaltos da Formação Serra Geral e apresentando uma densa malha de estradas que interligam pequenas e médias propriedades. Essa bacia serve de captação para o abastecimento da cidade de Guarapuava. O efeito do aporte de sedimentos a partir dessas estradas sobre a qualidade da água e dos habitats fluviais da bacia é um ponto preocupante, mas ainda não avaliado de maneira adequada. Para essa avaliação faz-se necessário, de início, a geração de uma base informativa, diagnóstica da situação existente em termos de cruzamentos estrada-canal. A pesquisa realizada teve por objetivo executar levantamento das características das interseções entre estradas e canais na bacia Rio das Pedras, no sentido de identificar o potencial de produção sedimentar em cada cruzamento.

MÉTODOS e TÉCNICAS

Baseando-se nas proposições expostas por Flanagan et al. (1998) desenvolveu-se uma metodologia para avaliação dos cruzamentos estrada-canal (LIMA; VIEIRA, 2004). Nessa metodologia dividiu-se o corpo de análise em três módulos (Anexo 1): o primeiro refere-se à estrutura de engenharia presente no cruzamento, designado genericamente de *conduto*; o segundo módulo refere-se às características da *estrada* nos trechos que estão hidrologicamente conectados ao cruzamento (extensão, declive, pavimento); o terceiro módulo procura avaliar os *processos erosivos* presentes na estrada, na margem do canal e no talude de aterro. Os itens de análise em cada módulo foram categorizados na perspectiva de valorar a potencialidade de produção de sedimento. Em campo foram inspecionados 71 cruzamentos, percorrendo-se as principais estradas da bacia (ficaram de fora as estradas e caminhos de uso particular).

Concomitantemente, fez-se o lançamento dos dados no sistema SPRING, versão 4.1. Na base cartográfica digital (escala original de levantamento 1: 10.000) foram localizados os cruzamentos checados em campo, gerando-se um mapa de pontos. A partir da localização desses pontos e cruzando os layers da drenagem, estradas e topografia, iniciou-se a obtenção dos dados restantes para cada um dos cruzamentos. Tais dados referem-se à declividade dos trechos de acesso das estradas aos canais e ao comprimento desses acessos. Obtidos esses dados, calculou-se o índice de Potencial de Produção de Sedimento (PPS) para cada cruzamento, somando-se a pontuação obtida na série de itens analisados pela tabela 1. Os índices foram, então, adicionados aos pontos de cruzamento estrada-canal localizados no mapa.

Estabelecido o intervalo de variação de PPS, definiram-se quatro classes da seguinte forma: baixo (0 a 21), médio baixo (22 a 42), médio alto (43 a 63) e alto (>64). A cada classe foi atribuída uma cor, que caracterizou os pontos plotados no mapa.

RESULTADOS

A Figura 1 é uma redução simplificada do mapa original obtido pelos trabalhos e mostra a localização dos cruzamentos. É importante destacar, nessa figura, que em alguns pontos marcados como cruzamentos não aparecem os canais correspondentes. Isso se deve ao fato de, na base digital elaborada pela Prefeitura Municipal de Guarapuava, a rede de drenagem ter sido mapeada em classes distintas de largura de canais e a plotagem de todos os elementos da drenagem carregaria demais a figura. Igualmente, as estradas

haviam sido mapeadas anteriormente utilizando critérios de classificação que não se enquadravam à proposta do presente trabalho. Em conseqüência, as estradas que aparecem na Figura 1 incluem estradas principais (tráfego contínuo; e que foram analisadas na pesquisa) e algumas estradas de tráfego restrito; outras estradas de tráfego restrito foram suprimidas da representação.

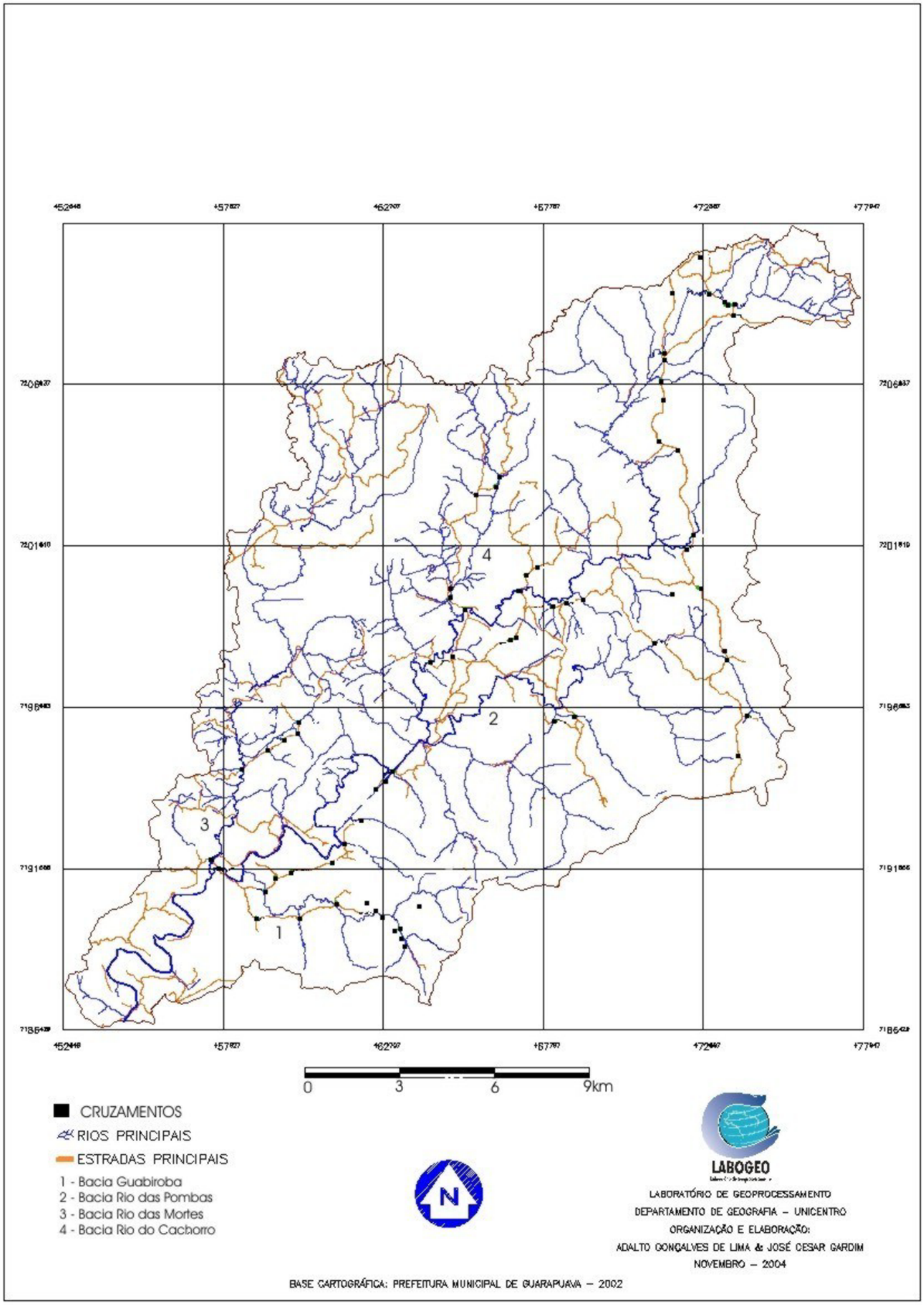

Figura 1 – Localização dos cruzamentos inventariados na Bacia do Rio das Pedras.

Pelo que se observa há um maior adensamento de pontos de cruzamento localizado no eixo central da bacia. Isso coincide com o percurso do Rio das Pedras, não significando que sejam todos cruzamentos sobre esse rio, mas sobre afluentes em pontos de proximidade com o rio principal. A interiorização de estradas, fugindo ao eixo longitudinal do Rio das Pedras, ocorre nas bacias Guabiroba, Rio das Mortes e Rio do Cachorro. Estradas particulares criam uma densa malha que se interliga a esses eixos principais.

A bacia do Rio Guabiroba, situada na porção sul, é a que apresenta maior número de cruzamentos. A bacia do Rio das Mortes não foi verificada, senão no setor sul; a parte restante apresenta poucas estradas, sendo a principal asfaltada. A bacia do Rio das Pombas, a maior dentro da bacia Rio das Pedras, também apresenta pequena densidade de estradas, o que se reflete no pequeno número de cruzamentos.

A proximidade de grande parte dos cruzamentos com o eixo do Rio das Pedras coloca em relevo o grande potencial de transferência de sedimentos diretamente para o canal desse rio. Para isso, considere-se que os sedimentos oriundos das estradas, ao serem lançados nos trechos finais dos afluentes, encontram pouca condição de estocagem. A mesma situação ocorre na bacia do Guabiroba, onde a estrada principal segue quase paralela ao rio, cruzando os afluentes em grande parte nos seus trechos finais. O Rio das Mortes possui em seu curso dois represamentos delimitando o seu médio curso, o que deve contribuir ainda mais para a retenção de sedimento dessa bacia e diminuir sua contribuição ao Rio das Pedras.

São poucos os cruzamentos cujos valores de PPS enquadram-se como muito baixo, da mesma forma que são poucos os cruzamentos com valor muito alto. Em termos da classificação estanque utilizada, com classes regulares, tem-se que 16 cruzamentos enquadram-se como PPS *baixo*, 40 como *médio-baixo*, 12 como *médio-alto* e apenas 3 como *alto*. O valor mínimo (2) foi encontrado próximo à foz da sub-bacia Rio das Mortes e o valor máximo (84), foi encontrado em uma pequena sub-bacia no alto curso do Rio das Pedras. É, aliás, neste setor da bacia que predominam cruzamentos categorizados com PPS *médio-alto* (5 cruzamentos), sendo os outros cruzamentos categorizados como *médio-baixo*, porém situados no limite superior dessa classe.

Na bacia como um todo, as condições das estradas são relativamente boas, exceto em alguns trechos, contribuindo para que os índices parciais concernentes ao item *"erosão na estrada"* não elevem os índices finais. É válido lembrar que a classificação de PPS é relativa, não havendo ainda nenhum estudo quantitativo na área e que possa, de alguma forma, constituir referência a valores absolutos de produção de sedimento.

A parte sul da bacia do Rio das Pedras, representada em grande parte pela sub-bacia do Guabiroba e pelo baixo curso do Rio das Mortes, é a que apresenta um relevo mais dissecado, com densidade de drenagem e declividades maiores. Isso se reflete, até certo ponto, sobre as características dos segmentos de estrada que dão acesso aos canais. O comprimento médio dos segmentos de estrada que dão acesso aos canais na bacia Guabiroba e no baixo Rio das Mortes é, respectivamente, 111,5 e 124,7 m; na bacia Rio das Pombas, situada na porção média do Rio das Pedras, apresentando relevo menos dissecado, o comprimento médio é de 189 m. Na bacia do Rio do Cachorro, situada na porção médio-direita, apesar das características dissecadas do relevo, o comprimento médio é de 247 m. Quanto às declividades dos segmentos não é possível generalizar que na parte sul elas sejam maiores, havendo, contudo, trechos isolados com fortes declives.

A existência de longos trechos de estrada, em baixo declive, conectados hidrologicamente aos canais, pode ter efeito significativo sobre a contribuição de sedimento mobilizado, igualando-se à condição de trechos mais curtos e declivosos. Para saber até que ponto essa relação inversa de variáveis é real, serão necessários estudos experimentais na área. Para o momento, o índice PPS não pode ser tomado para análises parciais, ou seja, ele somente pode ser entendido enquanto um valor global, resultado da justaposição de diversas variáveis. Nesse sentido examinem-se os valores médios de PPS para os domínios das sub-

bacias. Para a bacia Guabiroba a média de PPS é 22,2, para a bacia Rio das Mortes eleva-se para 28,4, atingindo 37,2 na bacia Rio do Cachorro. A bacia Rio das Pombas apresenta média de 29,8. Desse contexto depreende-se que os aspectos geomorfológicos de uma área não podem ser tomados a rigor para generalizações sobre as condições de funcionamento hidrossedimentar das estradas, pois estas podem suprimir alguns efeitos do relevo mediante sua disposição.

O mapa de distribuição dos cruzamentos, contendo seus respectivos índices PPS, permite análise e decisão pontual, evitando alocação precipitada de recursos na implementação de obras, baseando-se apenas numa percepção geral e incompleta do relevo e desconsiderando a dinâmica relacional das demais variáveis. A vinculação ao mapa, dos dados referentes aos diversos aspectos dos cruzamentos, agiliza e otimiza a tomada de decisão quanto ao estabelecimento de uma ordem de prioridade nas intervenções infraestruturais. Além disso, os itens avaliados permitem uma concepção das estradas que supera a visão tradicional da engenharia, que considera o comportamento hidrossedimentológico apenas para a preservação das vias. O enfoque do inventário executado e, conseqüentemente, o banco de dados por ele gerado consideram as vias como parte de um sistema ambiental, cujo desempenho pretende-se entender para melhor intervir.

REFERÊNCIAS

DUNNE, T. Sediment yield and land use in tropical catchments. **Journal of Hydrology**, v. 42, p. 281-300, 1979.

FLANAGAN, S.A.; FURNISS, M.J.; LEDWITH, T.S.; THIESEN, T; LOVE, M.; MOORE, K.; ORY, J. **Methods for inventory and environmental risk assesment of road drainage crossings**. San Dimas CA: USDA Forest Service, San Dimas Technology and Development Center, 1998.

LIMA, A.G.; VIEIRA, S.F. Proposta metodológica para inventário da produção sedimentar associado a cruzamentos de estradas sobre canais fluviais. SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 5, e ENCONTRO SUL-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 1, Santa Maria, **Anais**...Santa Maria, 2004, CD-ROM

PHIPPEN, S.J.; WOHL, E.. An assessment of land use and other factors affecting sediment loads in the Rio Puerco watershed, New Mexico. **Geomorphology**, v.52, n.3-4, p.269-287, 2003.

ZIEGLER, A.D.; GIAMBELLUCA, T.W.; SUTHERLAND, R.A.; NULLET, M.A.; YARNASARN, S.; PINTHONG, J.; PREECHAPANY, A.P.; JAIAREE, S. Toward understanding the cumulative impacts of roads in upland agricultural watersheds of northern Thailand. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.104, n.1, p. 145-158, 2004.

AGRADECIMENTOS

O autor deseja agradecer aos alunos do curso de Geografia da Unicentro, Solange F. Vieira, pela colaboração nos trabalhos de campo da etapa inicial do projeto e José C. Gardim, pelos trabalhos de manipulação de dados no sistema SPRING.

ANEXO

Tabela utilizada para análise das características dos cruzamentos

Tabela utilizada para análise das características dos cruzamentos (Lima; Vieira, 2004)

CONDUTO	Ponte	0					
	Manilha*	2	Ângulo < 45°	1			
			Ângulo > 45°	2			
ESTRADA	Pavimento	Asfalto		0			
		Cascalho		2			
		Terra		4			
	Declive	Segmento A (°)			Segmento B (°)		
		0		0	0		0
		1-5		2	1-5		2
		6-10		4	6-10		4
		>10		8	>10		8
	Extensão#	Segmento A (m)			Segmento B (m)		
		0 – 34		1	0 – 34		1
		35 – 68		2	35 – 68		2
		69 – 136		4	69 – 136		4
		137 – 273		8	137 – 273		8
		274 – 547		16	274 – 547		16
		548 – 1095		32	548 – 1095		32
		> 1095		64	> 1095		64
PROCESSOS EROSIVOS	Leito Estrada	Ocorrência	Profundidade (cm)		Σ		
		Nula	0	<10	1	Nula	0
		Isolada	1	10-20	2	Baixa	2
		Recorrente	2	>20	3	Média	3
						Alta	4
						Muito alta	5
	Aterro	Ausente	0				
		1 lado	2				
		2 lados	4				
	Margem Canal	Ausente			0		
		Presente	N.º de margens				
			uma		1		
			duas		2		
			três		3		
			quatro		4		

* Neste item utilizou-se a identificação do ângulo entre o alinhamento da estrada e a direção do rio a montante da entrada do conduto;

A classificação baseou-se na identificação da maior extensão de segmento conectado hidrologicamente a um canal presente na bacia Rio das Pedras (1171 m) e estabelecendo como valor limite da primeira classe a raiz quadrada desse valor.